

단상 유도전동기의 단상 및 2상 제어 운전시 동작특성 비교

*양병렬, **권순호, **권병일, **이철규
*삼성전자, **한양대학교

Comparison of Dynamic Characteristics of the Single phase induction motor at Single phase and Two phase control

*B.Y. Yang, **S.H. Kwon, **B I. Kwon, **C.G. Lee
*Samsung Electronics Co., **Hanyang Univ.

Abstract - The single phase induction motor is used to small size electronic appliance by production cost of a low-cost. But, it is low efficiency, large torque ripple and impossible speed control. However we can change the speed if it similar to the three phase induction motor. And we studied about the two phase induction motor that torque ripple is smaller. So, in this paper the dynamic characteristics of the two phase induction motor are described and compared with the cage-type single phase induction motor to find the characteristics of the torque ripple and current, speed through the time-stepped finite element method.

1. 서 론

2상 유도전동기는 고정자 및 회전자 의 형상은 단상 유도전동기와 동일하나, 운전방식에 따라 단상 유도전동기, 2상 유도전동기로 구분된다. 단상 유도전동기는 기동방법에 따라 콘덴서 기동형, 분상기동형, 세이딩 풀형 등과 같이 주권선(Main winding)과 보조권선(Auxiliary winding)에 흐르는 전류를 90도에 가까운 위상차가 나도록 설계함으로써 단상 유도전동기에서 발생하는 교번자계를 회전자계로 변환하여 기동토크를 발생시키고, 2상 유도전동기는 인버터를 사용하여 주권선과 보조권선에 흐르는 전류에 90도의 위상차를 만듦으로써 기동 토크를 발생시킨다.

단상 유도전동기는 최근까지 저가의 제작비와 제작의 편리성에 의하여 소형 가전기에 많이 이용되고 있으나 낮은 효율, 큰 토크 리플 및 가변속 구동의 어려움과 같은 단점을 가지고 있어 3상 유도전동기, Brushless DC(BLDC) 전동기, SRM등으로 대체되는 추세에 있다. 그러나 가전기에 사용되는 3상 유도전동기와 BLDC 전동기, SRM등은 3상(or 다상)인버터에 의하여 구동되므로 스위칭 손실과 고가의 IGBT를 6개 이상 사용하므로 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 3상 유도전동기와 특성이 비슷하며, 3상 인버터구동용 유도전동기 보다 가격이 저렴한 2상 유도전동기에 대한 연구가 1960년대 이후 유럽을 중심으로 이루어지고 있다[1]-[5]. 그러나 우리나라는 1980년 중반이후 2상 인버터에 대한 연구가 이루어지고 있으나 2상 유도전동기의 설계 및 동작특성 대한 연구는 미진한 실정이다.

본 논문은 3상인버터와 비교하여 가격 측면에서 장점을 가지며 가변속 구동이 가능한 2상 유도전동기와 단상 유도전동기를 유한요소해석 프로그램(Maxwell 2D)을 이용하여 토크, 전류 및 속도 특성을 비교 분석하였다.

2. 해석 모델 및 특성 해석

2.1 해석 모델

일반적으로 단상 유도전동기는 주권선과 보조권선의 권선 사양을 다르게 하고, 기동(Starting) 콘덴서와 구동(Running) 콘덴서를 다르게 사용하여, 기동시 큰 기동 토크를 발생시키고, 운전시 속도 및 토크 리플을 최소화 하지만, 본 논문에서 사용하는 단상 유도전동기는 세탁기용으로 사용되고 있는 220(V)용 단상 유도전동기로서 잦은 정·역회전 구동이 필요하다. 그러므로, 정·역 운전시 토크 및 전류특성이 동일하도록 하기 위하여 주권선과 보조권선의 코일사양이 동일하고, 콘덴서는 기동·구동용으로 14 μ F이며, 주권선 및 보조권선의 코일 저항은 14.5 Ω 이다. 그리고, 2상 유도전동기는 단상 유도전동기와 출력과 회전자 크기, 고정자 코어는 동일하지만 각 상당 공급되는 전압이 110(V)이고, 운전방식이 단상 유도전동기와 다른 PWM 인버터 구동방식으로 주권선과 보조권선에 공급되는 전압이 90도 위상차를 가지게 함으로써 기동 토크를 발생시키고 정상 운전이 가능하도록 하며, 각 상당 저항은 5.08 Ω 이다. 그림 1은 단상유도전동기의 형상이다.

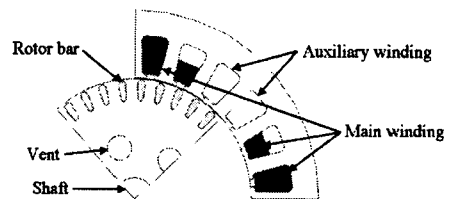
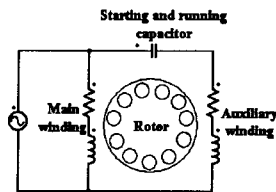
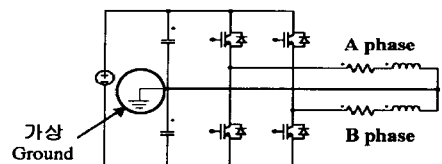


그림 1 단상유도전동기 형상



(a) 단상 유도전동기 결선도



(b) 2상 유도전동기 결선도

그림 2 단상 및 2상 유도전동기 회로도

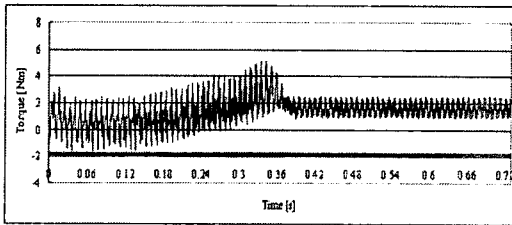
그림 2(a)는 단상 유도전동기의 고정자 코일의 결선도 이고, 그림 2(b)는 2상 유도전동기의 A상·B상과 인버터 회로도이다. 그림과 같이 직류 평활 콘덴서가 다른 3상 인버터 회로와 달리 공급 DC전압의 1/2 용량 2개를 직렬로 사용하여 A상과 B상의 중점과 결선하여 가상 접지를 만듦으로써 A상과 B상에 걸리는 전압의 최대값이 공급전압의 1/2(110[V])로 일정하게 유지 되도록 하였다. 표 1은 단상 유도전동기 및 2상 유도전동기의 해석 모델사양이다.

표 1 단상유도전동기 및 2상 유도전동기 사양

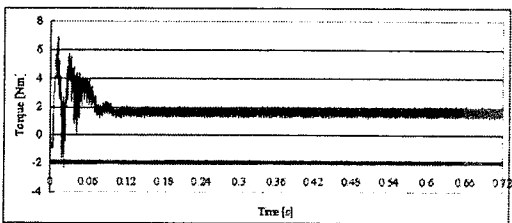
		단상 유도전동기	2상 유도전동기
입력 주파수		60 [Hz]	
출력 Torque		1.617 [N·m]	
정격 속도		1680 [rpm]	
Core type		S60	
고정자	Winding	118 [turn/slot]	72 [turn/slot]
	Slot	24 [slot]	24 [slot]
	Thickness	47.5 [mm]	47.5 [mm]
	입력 전압	220 [V]	220 [V]
	상당 저항	14.5 [Ω]	5.08 [Ω]
	콘덴서 용량	14 [μ F]	×
회전자	Air gap	0.25 [mm]	0.25 [mm]
	Rotor bar	36 [개]	36 [개]

2.2 특성해석 결과

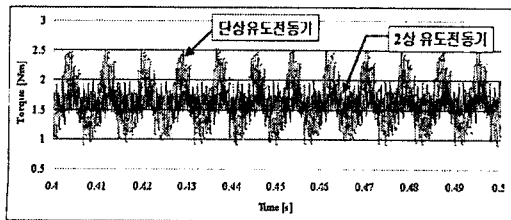
2.2.1 부하특성 해석 결과



(a) 단상 유도전동기(220[V] 구동)

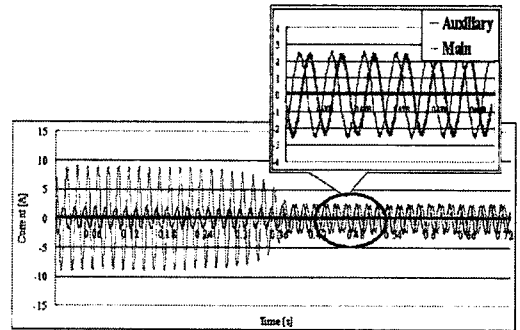


(b) 2상 유도전동기(110[V] 구동)

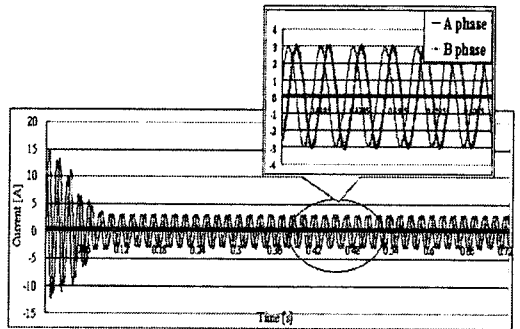


(c) 정상상태 운전시 맥동 토크 비교
그림 3 토크 특성 곡선 (부하 : 1.617[N·m])

그림 3은 단상 유도전동기와 2상 유도전동기의 토크 특성 곡선을 나타낸다. 그림 3(a)(b)에서 알 수 있듯이 기동·구동시 2상 유도전동기의 토크 맥동이 단상 유도전동기 보다 작게 나타나며, 단상 유도전동기 보다 정상상태에 진입시간이 짧다. 일반적으로 단상 유도전동기는 구동 콘덴서와 기동 콘덴서에 PTC를 부착하여 전동기를 제작하지만 본 논문에서 이용된 세탁기용 단상 유도전동기는 기동용 및 운전용으로 1개의 큰 용량의 콘덴서를 사용함으로써 주전선과 보조전선에 흐르는 전류의 위상각 차이가 적으므로, 용량이 작은 구동용 콘덴서를 사용하여 전류 위상각을 90도에 가깝게 하는 것 보다 큰 토크 리플을 가진다. 그러므로, 구동용 콘덴서 없이 위상각 제어를 통해 90도 위상차를 가지는 2상 유도전동기의 토크 리플이 작다. 그림 3(c)은 정상상태 운전시 2상 유도전동기와 단상 유도전동기의 토크 리플 크기를 자세히 나타내는 그림이다.



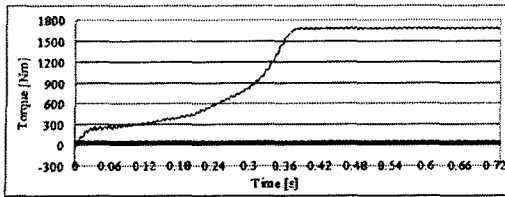
(a) 단상유도 전동기



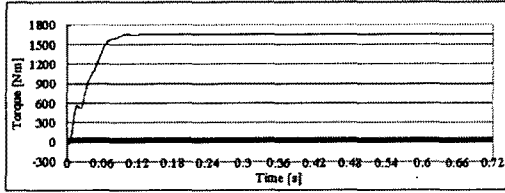
(b) 2상 유도전동기

그림 4 전류특성 곡선 (부하 : 1.617[N·m])

그림 4는 단상 유도전동기와 2상 유도전동기의 전류 특성 곡선이다. 전동기는 기동시 임피던스는 저항성분이 가장 크므로, 그림 4(a)의 단상 유도전동기의 전류특성은 기동시 주전선에 흐르는 전류는 입력전압을 코일 저항으로 나눈 값과 비슷하지만, 보조전선에 흐르는 전류는 코일 저항과 콘덴서의 임피던스에 반비례하므로 그림과 같이 5배 이상 흐르게 됨을 알 수 있다. 그러나 그림 4(b)의 2상 유도전동기의 전류는 코일의 저항과 인덕턴스의 값에 반비례하므로 그림과 같이 A상·B상에 흐르는 전류의 파형이 비슷하다. 정상상태 운전시 전류값이 단상 유도전동기는 1.6[A], 2상 유도전동기는 2.05[A]로 입력전압이 단상 유도전동기의 $\frac{1}{2} V_{ac}$ 이므로, 코일에서 발생하는 임피던스가 작게 되어 각 상에 흐르는 전류는 증가하게 된다. 그림 5는 단상 유도전동기와 2상 유도전동기의 속도특성을 나타낸다.



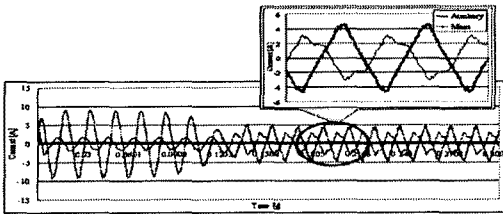
(a) 단상 유도전동기



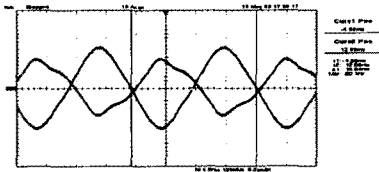
(b) 2상 유도전동기

그림 5 속도 특성 곡선 (부하 : 1.617(N·m))

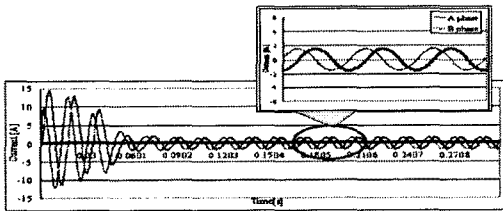
2.2.1 무하특성 해석 결과 및 실험 결과



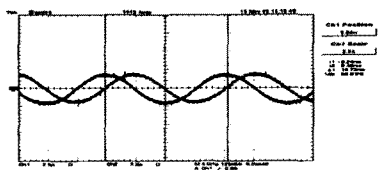
(i) 해석 파형



(ii) 실험 파형
(a) 단상 유도전동기



(i) 해석 파형



(ii) 실험 파형
(b) 2상 유도전동기

그림 6 전류 특성 곡선 (무부하 조건)

그림 6은 무부하 상태에서 단상 유도전동기 및 2상 유도전동기의 전류 파형을 나타낸다. 그림 (a)에서 주전선 및 보조전선에 흐르는 전류 peak 값이 해석값과 실험값이 0.2[A]차이로 5[%]오차를 나타내고 있으며, 그림 (b) 또한 약간의 오차를 가진다. 이러한 오차는 해석 과정에서 회전자 바(bar)의 사구(skew)를 고려하지 않았기 때문에 발생한 것으로 판단된다(6).

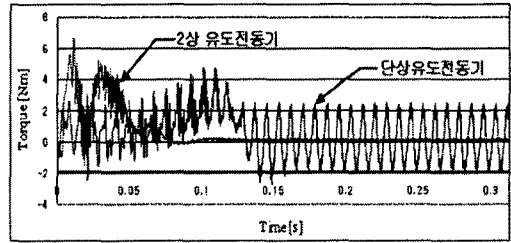


그림 7 토오크 특성 곡선(무부하 조건)

그림 7은 토오크 특성 곡선을 나타낸다. 2상 유도전동기가 단상 유도전동기 보다 작은 토오크 리플을 가짐을 알 수 있으며, 초기 기동시 큰 기동 토오크에 의하여 빠른 정상상태에 도달함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 단상유도전동기와 2상 유도전동기의 특성을 부하조건에서 전동기 해석과 무부하 조건에서 전동기 해석과 실험을 함으로서 해석결과에 실제 전동기의 특성을 비교하였다. 2상 유도전동기의 토오크 리플과, 응답 속도 그리고, 전류특성이 단상 유도전동기와 비교하여 우수함을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Dohyun Jang, Guesoo Cha, Doekgen Kim, Iongsoo Won, "Phase-Difference Control of 2-Phase Inverter-Fed Induction Motor", Power Electronics Specialists Conference, PESC '89, vol.2, 571-578, Jun 1989.
- [2] I.R. Wmth, Gerald Creighton, L.M. Mhango, "Analysis and Performance of a Novel Two-Phase Drive for Fan and Water-Pumping Applications", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 36, No. 4, 530-538, November 1989.
- [3] D.H. Jang, J.S. Won, "Voltage, Frequency, and Phase-Difference Angle Control of PWM Inverters Fed Two-Phase Induction Motors", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 9, No. 4, 377-383, July 1994.
- [4] S.S Wekhande, B.N. Chaudhari, S.V. Dhopte and R.K. Sharma, "A Low Cost Inverter Drive For 2-phase Induction Motor", IEEE 1999 International Conference on Power Electronics and Drive System, PEDS'99, 428-431, July 1999.
- [5] Enrique Ledezma, Brendan McGrath, Alfredo Munoz, Thomas A. Lipo, "Dual AC-Drive System With a Reduced Switch Count", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 5, 1325-1333, September/October 2001.
- [6] 김병택, 권병일, 박승찬, 우경일, "사구슬롯이 있는 3상 농형 유도 전동기의 인버터 구동시 토오크 및 회전자 바 동손분포 해석", 전기학회논문지, 49B권 12호, 797-806, 2000년.